

文章编号:1671-251X(2013)02-0006-04

李臻,贾洪钢,范旭峰. 基于振动加速度信号与应力信号的掘进机载荷识别方法[J]. 工矿自动化,2013,39(2):6-9.

基于振动加速度信号与应力信号的 掘进机载荷识别方法

李臻, 贾洪钢, 范旭峰

(天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015)

摘要:针对煤矿井下工作面设备的动态载荷难以直接获得的问题,提出了一种基于振动加速度信号与应力信号的掘进机载荷识别方法,介绍了该方法的基本原理及实现步骤;以EBZ260型掘进机在地面开展的假岩壁截割为实验对象,选取掘进机从开始截割到停止共11 s的数据进行分析,得出掘进机在截割过程中振动加速度平均能量与平均应力的对应关系,采用最小二乘法得出振动加速度平均能量与平均应力的拟合曲线,由拟合曲线即可得到振动加速度平均能量与平均应力的函数表达式。该方法为通过振动加速度间接测试掘进机动态载荷提供了新途径。

关键词:掘进机; 动态载荷; 载荷识别; 振动加速度; 应力

中图分类号:TD632.2

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Load identification method of roadheader based on
vibration acceleration signal and stress signal

LI Zhen, JIA Hong-gang, FAN Xu-feng

(Tiandi (Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China)

Abstract:In view of problem that it is difficult to get dynamic load of working face equipments in coal mine underground, the paper proposed a load identification method of roadheader based on vibration acceleration signal and stress signal, introduced basic principle and implementing steps of the method. It took false rock wall cutting by EBZ260 roadheader on the ground as experiment object, selected data within 11 s from cutting to stopping of the roadheader to make analysis which can get corresponding relation between average energy of vibration acceleration and average stress, then used the least square method to get fitting curve between average energy of vibration acceleration and average stress, so as to get function expression between average energy of vibration acceleration and average stress through the fitting curve. The method provides a new way for indirect measurement of dynamic load of roadheader through vibration acceleration.

Key words:roadheader; dynamic load; load identification; vibration acceleration; stress

0 引言

掘进机工作时常伴有较强烈的振动,尤其是在

切割半煤岩或较硬的岩石时,这样的振动将直接影响掘进机的零部件、液压元件以及电器元件的工作可靠性和整机工作的稳定性,并有碍于掘进速度和

收稿日期:2012-12-07。

基金项目:天地(常州)自动化股份有限公司科研项目(2012M156)。

作者简介:李臻(1980—),男,山西孝义人,工程师,博士,现主要从事煤矿设备监测诊断仪器与系统的研究工作,已发表文章10余篇,E-mail: xjtu-lizhen@163.com。

效率的提高^[1-3]。参考文献[4]对截割载荷信号进行小波包分解,并计算了重构后的功率谱,检测出截割载荷极值能量的频率,得到了能量分布的主频带;参考文献[5]对横切割头式 AM50 型掘进机切割人工煤壁和井下真实煤壁时的整机振动情况进行了系统测试和分析,弄清了整机工作时的振动分布情况和频率特征;参考文献[6]对载荷信号进行了时域统计、功率谱分析与幅值域统计后,得到了掘进机的工作载荷;参考文献[7]以截割头载荷为研究对象,采用模拟分析的方法,通过对纵、横轴式掘进机截割头受力分析,建立了这 2 种掘进机截割头载荷的数学模型,利用 Matlab 仿真软件编程,模拟得出了截割头的载荷谱。上述参考文献中提出的掘进机截割部载荷受力分析,是从模拟分析与数学建模的角度对截割部载荷分布进行分析研究,对截割部结构设计起到重要作用,但这些研究针对的是掘进机静态载荷受力分析,对于掘进机截割部运行过程中的动态载荷识别则无能为力。

对于煤矿机械而言,尤其是工作面设备,由于煤矿井下恶劣的工作条件,通过力或应力传感器直接获得设备动态载荷非常困难,所以,如何从容易获取的振动加速度或振动位移信号中间接得到设备动态载荷是煤矿工作面设备载荷识别的关键问题。本文对 EBZ260 型掘进机在地面开展的假岩壁截割进行实验分析,通过同时进行应力测试与振动加速度测试,分析得出掘进机在截割过程中应力与加速度之间的对应关系,为通过振动加速度间接测试掘进机动态载荷提供了新途径。本文提出的基于振动加速度信号与应力信号的掘进机载荷识别方法实现了在系统特性未知的情况下,由系统输出识别系统载荷。

1 掘进机载荷识别方法基本原理

根据最大主应力计算公式,可以通过应变花测得的 0° 、 45° 、 90° 应变计算出测点处主应力 σ_1 :

$$\sigma_1 = \frac{E}{2(1-\mu)}(\epsilon_a + \epsilon_c) + \frac{E}{\sqrt{2}(1+\mu)}\sqrt{(\epsilon_a - \epsilon_b)^2 + (\epsilon_b - \epsilon_c)^2} \quad (1)$$

式中: $E = 2.1 \times 10^{11}$, 为弹性模量; $\mu = 0.3$, 为泊松比; ϵ_a 、 ϵ_b 、 ϵ_c 分别为 0° 、 45° 和 90° 三个方向上的应变。

由于掘进机承受的载荷越大,反映在振动响应的加速度能量就越大。通过计算一定时间段内的平均应力与加速度平均能量,建立平均应力与加速度平均能量的对应关系,最终可通过加速度能量揭示

出掘进机载荷的变化规律。一定时间段内的平均应力 σ_m 为

$$\sigma_m = \sum_{i=1}^N \sigma_{1,i} / N \quad (2)$$

式中: $\sigma_{1,i}$ 为测点处主应力; N 为一定时间段内的应力点数。

一定时间段内的振动加速度平均能量 E_a 为

$$E_a = \sum_{i=1}^m a_i^2 / m \quad (3)$$

式中: a_i^2 为振动加速度能量; m 为一定时间段内的加速度点数。

基于振动加速度信号与应力信号的掘进机载荷识别方法步骤:

- (1) 根据式(1)计算测试点处的主应力;
- (2) 根据式(2)计算一定时间段内的平均应力,绘制平均应力曲线;
- (3) 根据式(3)计算一定时间段内的振动加速度平均能量,绘制振动加速度平均能量曲线;
- (4) 对平均应力与振动加速度平均能量排序;
- (5) 根据平均应力与振动加速度平均能量的对应关系,利用最小二乘法得到拟合曲线;
- (6) 由拟合曲线得到平均应力与振动加速度平均能量的关系表达式,通过振动加速度平均能量计算测点处的平均应力大小。

2 截割臂右侧载荷识别测试与分析

EBZ260 型掘进机截割臂右侧应变花与振动加速度传感器安装部位如图 1 所示,其中圆圈处是振动加速度传感器,方框处是应变花。

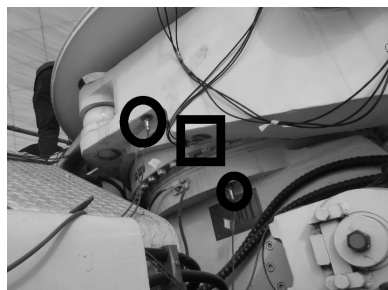


图 1 掘进机部分振动加速度传感器与应变花安装位置

选取掘进机开始截割到停止共 11 s 的数据进行分析,根据式(1)计算得到的掘进机截割臂右侧主应力曲线如图 2 所示。相同工况下,采集得到的掘进机截割臂右侧振动加速度信号如图 3 所示。对比图 2 与图 3 可看出,掘进机在截割过程中,截割臂承受的载荷越大,振动加速度变化得越剧烈;掘进机停止过程中,截割臂受的载荷变小,振动加速度的幅值

也随之变小。

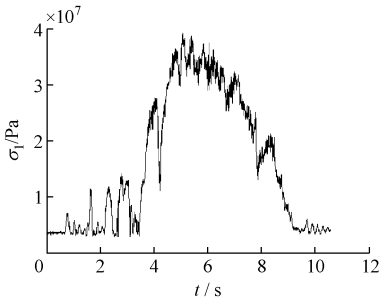


图 2 掘进机截割臂右侧主应力曲线

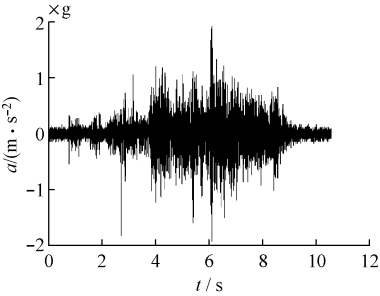


图 3 掘进机截割臂右侧振动加速度曲线

选取时间间隔为 0.29 s,利用式(2)计算时间间隔为 0.29 s 的掘进机截割臂右侧平均主应力,得到的平均主应力曲线如图 4 所示,与图 2 所示的掘进机截割臂右侧主应力曲线相比,平均主应力曲线更加光滑,其变化趋势与主应力曲线趋势一致。

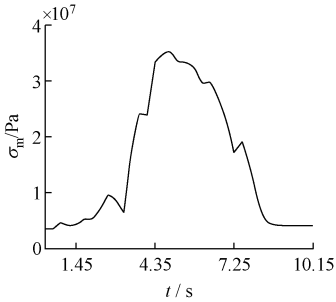


图 4 掘进机截割臂右侧平均主应力曲线

利用式(3)计算时间间隔为 0.29 s 的掘进机截割臂右侧振动加速度平均能量,得到的振动加速度平均能量曲线如图 5 所示。

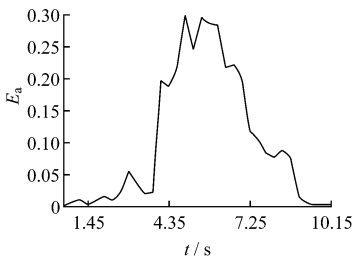


图 5 掘进机截割臂右侧振动加速度平均能量曲线

从图 5 可看出,振动加速度平均能量变化趋势与平均主应力变化趋势基本一致。因此,振动加速度平均能量能有效地揭示出平均主应力的变化规律。

根据掘进机截割臂振动加速度平均能量与平均载荷应力大小的对应关系,对其进行排序,如表 1 所示。

表 1 振动加速度平均能量与平均应力的排序

振动加速度 平均能量	0.005 2	0.076 8	0.086 1	0.112 0	0.202 0
平均应力 /(10 ⁷ Pa)	0.412	0.655	0.982	1.820	2.300

振动加速度 平均能量	0.218 0	0.234 0	0.285 0	0.296 0	0.299 0
平均应力 /(10 ⁷ Pa)	2.980	3.030	3.100	3.330	3.520

利用表 1 所示的振动加速度平均能量与平均应力的对应关系,通过最小二乘法拟合得出振动加速度平均能量与平均应力曲线,如图 6 所示。

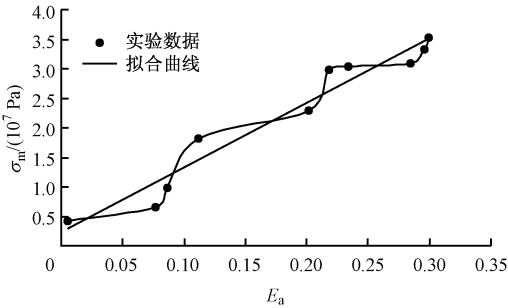


图 6 振动加速度平均能量与平均应力拟合曲线

由此可得,掘进机截割臂右侧振动加速度平均能量与平均应力的函数表达式为

$$F = 10.92X + 0.2323 \tag{4}$$

式中: F 为一定时间段内的平均应力,单位为 10^7 Pa ; X 为一定时间段内的振动加速度平均能量。

3 结语

提出了一种基于振动加速度信号与应力信号的掘进机载荷识别方法,利用振动加速度信号的平均能量揭示出掘进机载荷应力变化规律,通过对 EBZ260 型掘进机截割假岩壁的载荷进行实测与分析,给出了振动加速度与掘进机动态载荷的对应关系。该方法不仅对 EBZ260 型掘进机的结构改进、动态性能及工作可靠性的提高有很大帮助,对其他新型更大功率机型的开发亦具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 李晓豁. 掘进机截割头随机载荷的模拟研究[J]. 煤炭学报, 2000, 25(5): 525-529.

[2] 李兆平. EBH-132 型悬臂式掘进机振动截割机构动力学分析研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2008.

[3] 汲方林. 横轴式掘进机截割头仿真及优化设计[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2006.

[4] 李晓豁, 韩宇飞. 掘进机截割载荷极值能量的频率识别[J]. 煤炭学报, 2008, 33(4): 459-461.

[5] 黄民, 吴森, 安伟, 等. 横切割头掘进机械振动测试及模态分析[J]. 中国矿业大学学报, 1997, 26(2): 15-19.

[6] 吴森, 李毅, 黄民, 等. 横切割头掘进机载荷谱的测定及分析[J]. 中国矿业大学学报, 1996, 25(3): 27-32.

[7] 李晓豁, 刘兴刚. 纵横轴式掘进机截割头载荷的模拟分析[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2008, 27(5): 745-747.